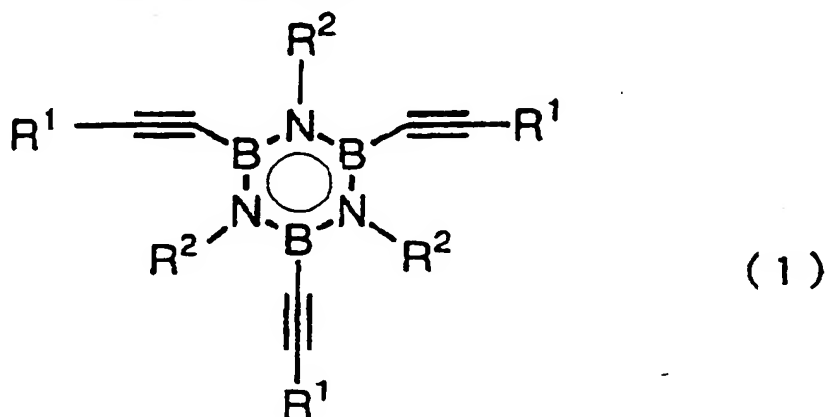
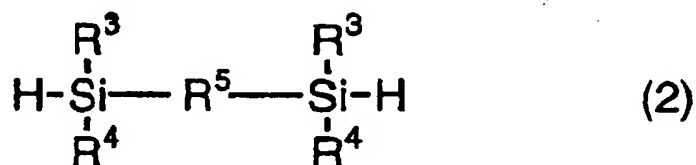


Translation of Claim 1 of JP-B2 3041424:

A carbosilane borazine-based polymer produced by hydrosilyl-polymerizing, in the presence of a platinum-containing catalyst, B,B',B"-trialkynyl borazine represented by the general formula (1):



wherein R¹ denotes an alkyl group, an allyl group, an aralkyl group or a hydrogen atom and R² denotes an alkyl group, an allyl group, an aralkyl group or a hydrogen atom, and bis(hydrosilane) represented by the general formula (2):



wherein R³ and R⁴ denote same or different monovalent groups selected from the group consisting of an alkyl group, an allyl group, an aralkyl group or a hydrogen atom and R⁵ denotes a divalent group of aromatics that may containing a substitute group or an oxygen atom.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 1)

(11) 特許番号

特許第3041424号

(P3041424)

(45) 発行日 平成12年 5 月15日 (2000. 5. 15)

(24) 登録日 平成12年 3 月10日 (2000. 3. 10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

C 0 8 G 77/60

C 0 8 G 77/60

請求項の数 3 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-62653

(22) 出願日 平成11年 3 月10日 (1999. 3. 10)

審査請求日 平成11年 3 月10日 (1999. 3. 10)

特許権者において、実施許諾の用意がある。

(73) 特許権者 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号

(72) 発明者 内丸 祐子

茨城県つくば市東 1 丁目 1 番 工業技術

院物質工学工業技術研究所内

(72) 発明者 山下 浩

茨城県つくば市東 1 丁目 1 番 工業技術

院物質工学工業技術研究所内

(74) 指定代理人 220000390

工業技術院物質工学工業技術研究所長

審査官 宮坂 初男

(58) 調査した分野 (Int.Cl.⁷ , D B 名)

C08G 77/60

C08G 77/54

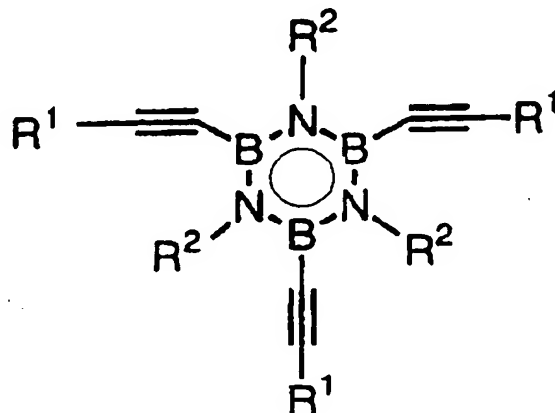
C08G 77/56

(54) 【発明の名称】 カルボシランボラジン系ポリマーおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【化 1】

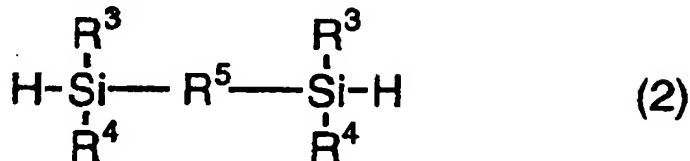
【請求項 1】 (a) 一般式 (1)



(1)

(式中、 R^1 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、 R^2 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示す)で表される

B 、 B' 、 B'' —トリアルキニルボラジンと
(b)一般式(2)
【化2】

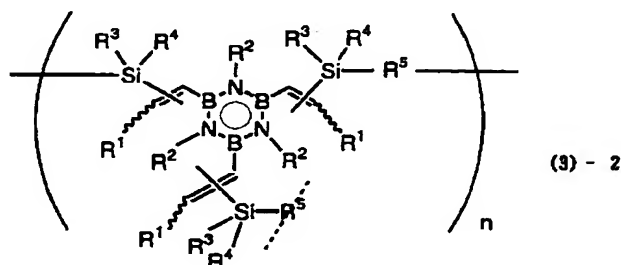
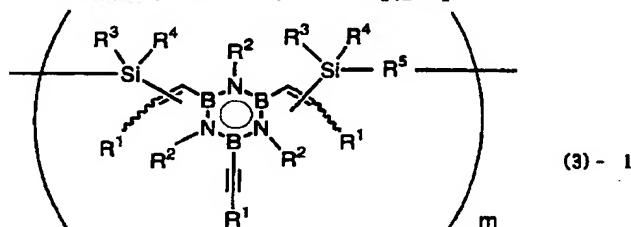


(式中、 R^3 および R^4 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子の中から選ばれる同一あるいは相異なる1価の基を示し、 R^5 は置換基を有していても良い芳香族の2価の基または酸素原子を示す)で表されるビス(ヒドロシラン)とを白金含有触媒の存在下にヒドロシリル化重合させることにより製造されるカルボ

シランボラジン系ポリマー。

【請求項2】 一般式(3)-1又は(3)-2で表される繰返し単位からなる群から選ばれる少なくとも1種の繰返し単位を有してなることを特徴とするカルボシランボラジン系ポリマー。

【化3】

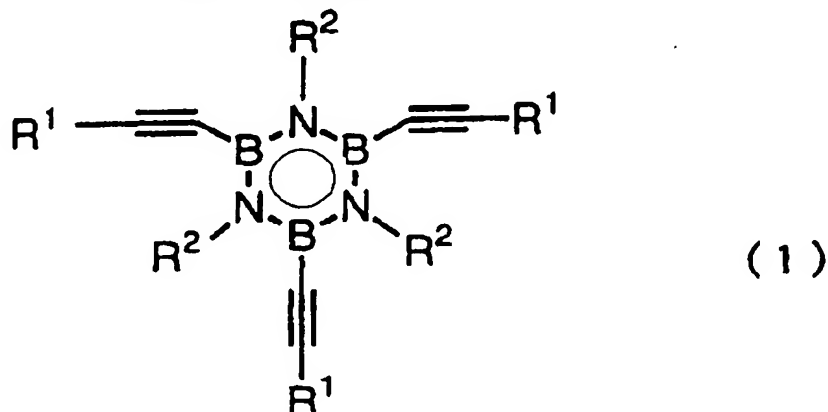


(式中、 R^1 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、 R^2 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、 R^3 および R^4 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子の中から選ばれる同一あるいは相異なる1価の基を

示し、 R^5 は置換基を有していても良い芳香族の2価の基または酸素原子を示し、 m は正の整数、 n は0または正の整数を示す)。

【請求項3】 (a)一般式(1)

【化4】

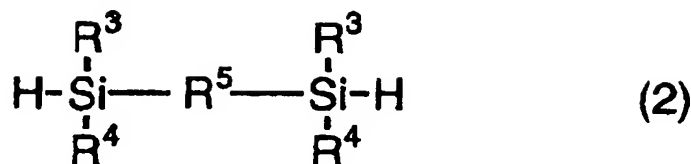


(式中、 R^1 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、 R^2 はアルキル基、アリール

基、アラルキル基または水素原子を示す)で表される
 B 、 B' 、 B'' —トリアルキニルボラジンと

(b) 一般式 (2)

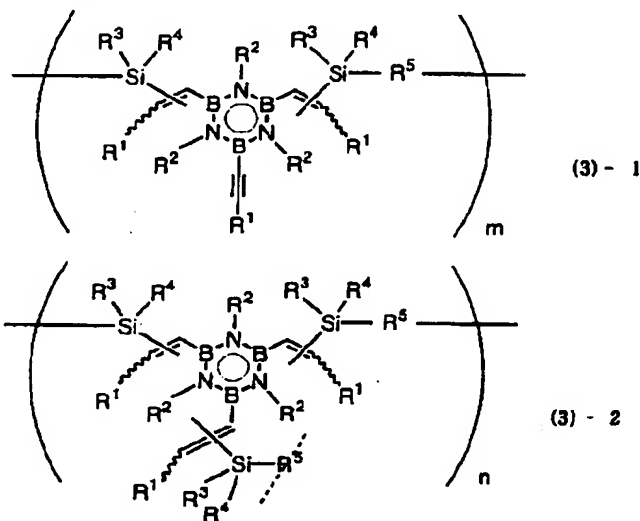
【化5】



(式中、 R^3 および R^4 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子の中から選ばれる同一あるいは相異なる1価の基を示し、 R^5 は置換基を有していても良い芳香族の2価の基または酸素原子を示す)で表されるビス(ヒドロシラン)とを白金含有触媒の存在下にヒドロシリル化重合させることを特徴とする一般式

(3)-1又は(3)-2で表される繰返し単位からなる群から選ばれる少なくとも1種の繰返し単位を有することを特徴とするカルボシランボラジン系ポリマー。

【化6】



(式中、 R^1 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、 R^2 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、 R^3 および R^4 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子の中から選ばれる同一あるいは相異なる1価の基を示し、 R^5 は置換基を有していても良い芳香族の2価の基または酸素原子を示し、 m は正の整数、 n は0または正の整数を示す)。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は耐燃焼性材料、耐熱性材料などとして有用な新規なカルボシランボラジン系ポリマーおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】カルボシランボラジン系ポリマーは含ケイ素ボラジン系ポリマーの一種である。従来、含ケイ素ボラジン系ポリマーとして知られるものは、シラザン・ボラジン骨格からなり、シラザンのケイ素原子がボラジン環を構成するホウ素原子と直接結合した構造のものが一般的である。含ケイ素ボラジン系ポリマーの大部分は、脱酸素、脱水したガス中で焼結して窒化ホウ素・窒

化ケイ素含有セラミックスを製造するための前駆体として開発され、利用されている。したがってこれらの含ケイ素ボラジン系ポリマーは空気中での安定性および熱安定性は特に必要とされず、耐燃焼性材料や耐熱性材料としての用途を想定したポリマーの開発はほとんど行われていなかった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、カルボシランボラジン系の骨格を有し、耐熱性に優れるポリマーおよびその製造方法を提供することを課題とする。

【0004】

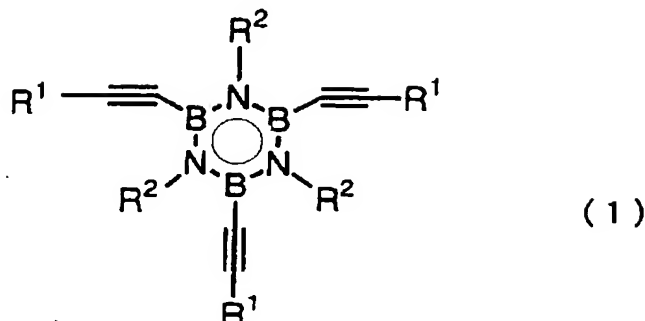
【課題を解決するための手段】本発明者らは前記課題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、 B 、 B' 、 B'' ートリアルキニルボラジン類とビス(ヒドロシラン)類とを白金含有触媒の存在下にヒドロシリル化重合させることにより、白金含有触媒の存在下に B 、 B' 、 B'' ートリアルキニルボラジン類のアルキニル基にビス(ヒドロシラン)類のシリル基が付加反応するヒドロシリル化により、鎖状ないし立体重合し、カルボシランボラジン系の骨格を有し、耐熱性に優れるポリマーが得られるという新規な事実を見出し、この知見に基づいて本発明を完

成させるにいたった。

【0005】すなわち本発明によれば、(a)一般式
(1)

【0006】

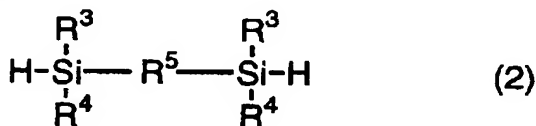
【化7】



【0007】(式中、R¹はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、R²はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示す)で表されるB、B'、B''ートリアルキニルボラジン類と(b)一般式(2)

【0008】

【化8】

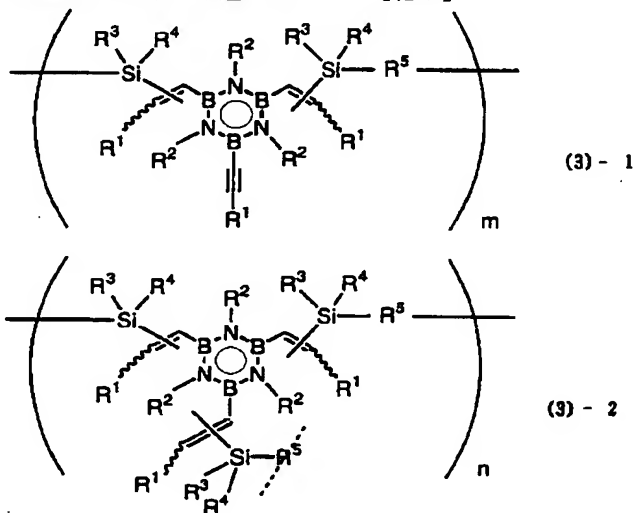


【0009】(式中、R³およびR⁴はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子の中から選ばれ

る同一あるいは相異なる1価の基を示し、R⁵は置換基を有していても良い芳香族の2価の基または酸素原子を示す)で表されるビス(ヒドロシラン)類とを白金含有触媒の存在下にヒドロシリル化重合させることを特徴とするカルボシランボラジン系ポリマーの製造方法が提供される。また、本発明によれば、前記の方法により提供される新規なカルボシランボラジン系ポリマーとして特に次のものが挙げられる。すなわち、一般式(3)-1又は(3)-2で表される繰り返し単位の少なくとも1種を有してなることを特徴とするカルボシランボラジン系ポリマーが提供される。

【0010】

【化9】



【0011】(式中、R¹はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、R²はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、R³およびR⁴はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子の中から選ばれる同一あるいは相異なる1価の基を示し、R⁵は置換基を有していても良い芳香族の2価の基または酸素原子を示し、mは正の整数、nは0または正の整数を示す)。

【0012】なお、前記一般式(3)-2における下記

の式(4)で表される部分は、R⁵に結合する二つのヒドロシリル基が、相異なるボラジン環上の置換エチニル基にそれぞれ付加することにより結合していることを示す。

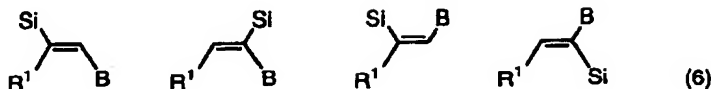
【0013】

【化10】



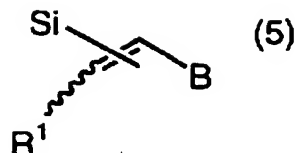
【0014】また、前記一般式(3)-1又は(3)-2における下記の式(5)で表される部分は、下記の式(6)に示す4通りの結合状態を含むことを示す。

【0015】



【0017】ここでヒドロシリル化重合とは白金含有触媒の存在下にB、B'、B"-トリアルキニルボラジン類のアルキニル基にビス(ヒドロシラン)類のシリル基が付加反応するヒドロシリル化により、鎖状ないし立体重合し、高分子化する反応をいう。

【化11】



【0016】

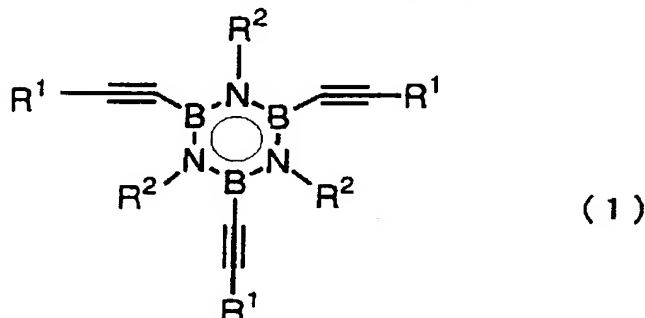
【化12】

【0018】

【発明の実施の形態】本発明で用いるB、B'、B"-トリアルキニルボラジン類は一般式(1)

【0019】

【化13】



【0020】で表される。式中、R¹はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、これらの中で好ましいのはアルキル基、アリール基又は水素原子である。アルキル基の炭素数は1~24、好ましくは1~12である。アリール基の炭素数は6~20、好ましくは6~10である。アラルキル基の炭素数は7~24、好ましくは7~12である。前記R¹を例示すると、メチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基、オクチル基等のアルキル基、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基等のアリール基、ベンジル基、フェネチル基等のアラルキル基、水素原子等が挙げられ、これらの中で好ましいのはメチル基、エチル基、フェニル基又は水素原子である。

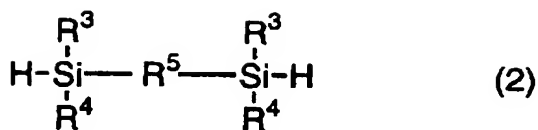
【0021】前記一般式(1)において、R²はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示し、アルキル基の炭素数は1~24、好ましくは1~12である。アリール基の炭素数は6~20、好ましくは6~10である。アラルキル基の炭素数は7~24、好ましくは7~12である。前記R²を例示すると、メチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基、オクチル基等のアルキル基、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基等のアリール基、ベンジル基、フェネチル基等のアラルキル基、水素原子等が挙げられ、これらの中で好ましいのはメチル基、フェニル基又は水素原子であ

る。

【0022】これらの置換基を有し、一般式(1)で表されるB、B'、B"-トリアルキニルボラジン類の具体例としては、B、B'、B"-トリエチニルボラジン、B、B'、B"-トリエチニル-N、N'、N"-トリメチルボラジン、B、B'、B"-トリ(1-プロピニル)ボラジン、B、B'、B"-トリフェニルエチニルボラジン、B、B'、B"-トリフェニルエチニル-N、N'、N"-トリメチルボラジン、B、B'、B"-トリエチニル-N、N'、N"-トリフェニルボラジン、B、B'、B"-トリフェニルエチニル-N、N'、N"-トリフェニルボラジン、B、B'、B"-エチニル-N、N'、N"-トリベンジルボラジン等が挙げられるが、これに限定されるものではない。また、1種類のB、B'、B"-トリアルキニルボラジン類を単独で用いることもできるが、2種類以上のB、B'、B"-トリアルキニルボラジン類を合わせてもちいることも、本発明の有利な態様に含まれる。本発明で用いるビス(ヒドロシラン)類は一般式(2)

【0023】

【化14】



【0024】で表される。式中、 R^3 および R^4 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子の中から選ばれる同一あるいは相異なる1価の基を示し、これらの中で好ましいのはアルキル基、アリール基又は水素原子である。アルキル基の炭素数は1~24、好ましくは1~12である。アリール基の炭素数は6~20、好ましくは6~10である。アラルキル基の炭素数は7~24、好ましくは7~12である。前記 R^3 および R^4 を例示すると、メチル基、エチル基、イソプロピル基、*tert*-ブチル基、オクチル基等のアルキル基、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基等のアリール基、ベンジル基、フェネチル基等のアラルキル基、水素原子等が挙げられ、これらの中で好ましいのはメチル基、フェニル基又は水素原子である。

【0025】前記一般式(2)において、 R^5 は置換基を有していても良い芳香族の2価の基または酸素原子を示す。芳香族の2価の基の炭素数は6~24、好ましくは6~12である。芳香族の2価の基としては、2価芳香族炭化水素基(アリーレン基等)の他、酸素等のヘテロ原子を連結基として含むアリーレン基等が含まれる。また前記芳香族の2価の基に結合していても良い置換基としては、アルキル基、アリール基、アラルキル基等が含まれる。前記 R^5 を例示すると、フェニレン基、ナフチレン基、ビフェニレン基等のアリーレン基、ジフェニルエーテル基等の置換アリーレン基、酸素原子等が挙げられ、これらの中で好ましいのはフェニレン基、ジフェニルエーテル基又は酸素原子である。

【0026】これらの置換基を有し、一般式(2)で表されるビス(ヒドロシラン)類にはビス(モノヒドロシラン)類、ビス(ジヒドロシラン)類、ビス(トリヒドロシラン)類が含まれる。これらビス(ヒドロシラン)類の具体例としては、*m*-ビス(ジメチルシリル)ベンゼン、*p*-ビス(ジメチルシリル)ベンゼン、1,4-ビス(ジメチルシリル)ナフタレン、1,5-ビス(ジメチルシリル)ナフタレン、*m*-ビス(メチルエチルシリル)ベンゼン、*m*-ビス(メチルフェニルシリル)ベンゼン、*p*-ビス(メチルオクチルシリル)ベンゼン、4,4'-ビス(メチルベンジルシリル)ビフェニル、4,4'-ビス(メチルフェネチルシリル)ジフェニルエーテル、*m*-ビス(メチルシリル)ベンゼン、*m*-ジシリルベンゼン、1,1,3,3-テトラメチル-1,3-ジシロキサン等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。これらの中で好ましいのは、*m*-ビス(ジメチルシリル)ベンゼン、*p*-ビス(ジメチルシリル)ベンゼン又は1,1,3,3-テトラメチル-1,3-ジシロキサンである。また、1種類のビス(ヒド

シラン)類を単独で用いることもできるが、2種類以上のビス(ヒドロシラン)類を合わせてもちいることも、本発明の有利な態様に含まれる。

【0027】本発明の反応における原料化合物の量比は、 B 、 B' 、 B'' -トリアルキニルボラジン類とビス(ヒドロシラン)類のモル比が0.1~10の範囲で実施され、好ましくは0.3~3の範囲である。

【0028】本発明で用いる白金含有触媒は、従来アセチレン類やオレフィン類のヒドロシリル化に使用されているものをを用いることができる。これを例示すると、白金ジビニルテトラメチルジシロキサン、白金環状ジビニルメチルシロキサン、塩化白金酸、ジクロロ白金、白金カーボン、トリス(ジベンジリデンアセトン)二白金、ビス(エチレン)テトラクロロ二白金、シクロオクタジエンジクロロ白金、ビス(シクロオクタジエン)白金、シクロオクタジエンジメチル白金、ビス(トリフェニルホスフィン)ジクロロ白金、テトラキス(トリフェニルホスフィン)白金等が挙げられるが、これに限定されるものではない。

【0029】これら白金含有触媒は、 B 、 B' 、 B'' -トリアルキニルボラジン類またはビス(ヒドロシラン)類のうちモル量の少ない原料に対する金属原子のモル比で0.00001~0.5の範囲で使用される。

【0030】本発明においてヒドロシリル化重合においては、ヒドロシリル化反応に通常用いられる種々の溶媒を用いることができる。例えば芳香族炭化水素系、飽和炭化水素系、脂肪族エーテル系、芳香族エーテル系等の溶媒が挙げられる。

【0031】本発明のヒドロシリル化重合は一般的に室温で容易に進行する。また原料物質の構造により、好ましい速度を達するために-20℃から200℃の範囲で冷却または加熱することもできる。好ましい温度としては0℃から150℃、より好ましくは0℃から100℃の範囲で実施される。

【0032】本発明の重合反応後、減圧濃縮または加熱濃縮することにより溶媒を除去後、そのまま生成ポリマーを用いることができる。また、再沈、ゲル濾過カラム、GPC(ゲルパーミエーションクロマトグラム)カラム等により分取して用いることもできる。

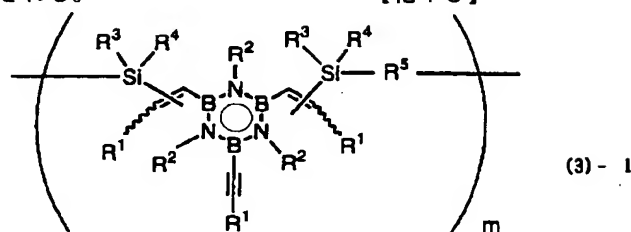
【0033】本発明においては一般式(1)で表される B 、 B' 、 B'' -トリアルキニルボラジン類と、一般式(2)で表されるビス(ヒドロシラン)類とを白金含有触媒の存在下にヒドロシリル化重合させることにより得られる、カルボシランボラジン系ポリマーが提供される。

【0034】次に本発明方法により、得られる最も典型的なカルボシランボラジン系ポリマーについて説明する。また、本発明においては前記一般式(1)又は(2)で表される化合物に対応して一般式(3)-1で表される繰返し単位及び一般式(3)-2で表される

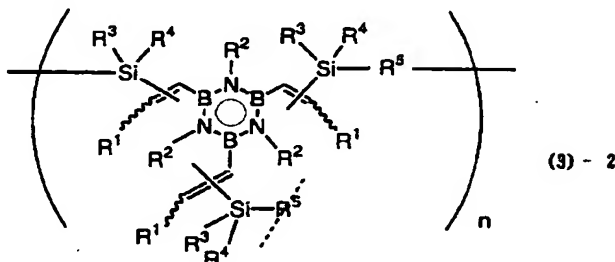
繰返し単位を有し、下記一般式で表されるカルボシランボラジン系ポリマーが提供される。

【0035】

【化15】



(3) - 1



(3) - 2

【0036】式中、 R^1 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示す。アルキル基の炭素数は1～24、好ましくは1～12である。アリール基の炭素数は6～20、好ましくは6～10である。アラルキル基の炭素数は7～24、好ましくは7～12である。前記 R^1 を例示すると、メチル基、エチル基、イソプロピル基、 t -ブチル基、オクチル基等のアルキル基、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基等のアリール基、ベンジル基、フェネチル基等のアラルキル基、水素原子等が挙げられる。式中、 R^2 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示す。アルキル基の炭素数は1～24、好ましくは1～12である。アリール基の炭素数は6～20、好ましくは6～10である。アラルキル基の炭素数は7～24、好ましくは7～12である。前記 R^2 を例示すると、メチル基、エチル基、イソプロピル基、 t -ブチル基、オクチル基等のアルキル基、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基等のアリール基、ベンジル基、フェネチル基等のアラルキル基、水素原子等が挙げられる。式中、 R^3 および R^4 はアルキル基、アリール基、アラルキル基または水素原子を示す。アルキル基の炭素数は1～24、好ましくは1～12である。アリール基の炭素数は6～20、好ましくは6～10である。アラルキル基の炭素数は7～24、好ましくは7～12である。前記 R^3 および R^4 を例示すると、メチル基、エチル基、イソプロピル基、 t -ブチル基、オクチル基等のアルキル基、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基等のアリール基、ベンジル基、フェネチル基等のアラルキル基、水素原子等が挙げられる。式中、 R^5 は置換基を有していても良い芳香族の2価の基または酸素原子を示す。芳香族の2価の基の炭素数は1～24、好ましくは1～12である。芳香族の2価の基としては、2価芳香族炭化水素基（アリーレン基等）の他、酸素等のヘテロ原子を連続基として含む

アリーレン基等が含まれる。また前記芳香族の2価の基に結合していても良い置換基としては、アルキル基、アリール基、アラルキル基等が含まれる。前記 R^5 を例示すると、フェニレン基、ナフチレン基、ビフェニレン基等のアリーレン基、ジフェニルエーテル基等の置換アリーレン基、酸素原子等が挙げられる。これらの一般式(3)-1又は(3)-2で表される繰返し単位において、各置換基の好ましいもの及び好ましい具体例は一般式(1)及び(2)について述べたものと同様である。また、前記一般式(3)-1及び(3)-2において、 m 、 n は、それぞれの繰返し単位数を表し、 m は正の整数であり、好ましくは1～20000、より好ましくは3～10000であり、特に好ましくは10～10000である。また、 n は0または正の整数であり、好ましくは0～1000、より好ましくは0～100である。ただし、上記一般式(3)-1および(3)-2の表記中の m 及び n はそれらの構成比率を示すものであって結合状態（ブロック共重合、ランダム共重合など）のいずれかの形態に限定する意味ではない。この共重合体において、 $m:n$ の個数の比は特に制限するものではないが、 m/n 比が大きい、すなわち高分子主鎖中の鎖状構造が多いときは、溶媒に対する共重合体の溶解度が高く、かつ融点が低くなることにより、共重合体の加工性の向上が予想され、一方、 m/n 比を小さくすると、すなわち高分子主鎖中の架橋構造分が多いときは、共重合体の耐熱性、耐燃焼性が向上すると通常予想される。従って、この技術分野の当業者において、樹脂の用途などに応じて、また共重合体の各モノマーユニットの構造及びその組み合わせに応じて、良好な加工性及び耐熱性、耐燃焼性を与える共重合体の最適な m/n 比の範囲を過大な実験を必要とせずに設定しうる。本発明により得られるカルボシランボラジン系ポリマーは、好ましくは分子量(M_w)1000～200万、より好ましくは

5000~100万である。

【0037】

【実施例】次に本発明を実施例により更に詳細に説明するが、もとより本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【0038】実施例1

B、B'、B''-トリエチニル-N、N'、N''-トリメチルボラジン、0.16mmol、1,1,3,3-テトラメチル-1,3-ジシロキサン0.16mmolをトルエン0.3mlに溶解し、白金ジビニルテトラメチルジシロキサンの0.1mol%溶液3μlを加え、窒素下室温で2日間撹拌した。得られたポリマーを一部分取し、GPC分析（標準ポリスチレン基準）すると、 $M_w=11000$ ($M_n=4300$)の単分散型のピークを有するスペクトルが得られた。反応混合物を減圧下、加熱濃縮し粉末状のポリマーを得た。

【0039】 $^1\text{H-NMR}$ (C₆D₆) : δ 7.0-5.8 (m)、3.6-2.9 (m)、2.7-2.5 (m)、0.6-0 (m) ppm

$^{13}\text{C-NMR}$ (C₆D₆) : δ 158-156、150-148、146-144、134-133、97-96、37、36、3、2.5-1.5、1-0.5 ppm

$^{29}\text{Si-NMR}$ (C₆D₆) : δ 3.3-3.9 ppm

【0040】こうして目的の耐酸化性、耐熱性のポリマーが得られた。

実施例2

B、B'、B''-トリエチニル-N、N'、N''-トリメチルボラジン、0.26mmol、p-ビス（ジメチルシリル）ベンゼン0.26mmolをトルエン0.2mlに溶解し、白金ジビニルテトラメチルジシロキサン0.1mol%溶液5μlを加え、窒素下室温で1日間撹拌した。得られたゲル状ポリマーのTHF可溶部をGPC分析すると、 $M_w=530000$ ($M_n=1400$)の単分散型のピークを有するスペクトルが得られ

た。反応混合物を減圧下、加熱濃縮し粉末状のポリマーを得た。

熱重量分析（ヘリウム雰囲気下10℃/分の昇温速度で985℃まで加熱）：

324℃ 残存率99%

499℃ 残存率95%

985℃ 残存率66%

熱重量分析（空気下、10℃/分の昇温速度で985℃まで加熱）：

336℃ 残存率99%

434℃ 残存率95%

985℃ 残存率66%

【0041】比較例

B、B'、B''-トリエチニル-N、N'、N''-トリメチルボラジンの代わりに1,3,5-トリエチニルベンゼンを用いた以外は実施例2と全く同様にして粉末状のポリマーを得た。このポリマーの空气中、高温加熱時の残存率を求めたところ、985℃で残存率34%であった。

【0042】

【発明の効果】本発明によれば、B、B'、B''-トリアルキニルボラジン類とビス（ヒドロシラン）類とから、耐燃焼材料、耐熱性材料として有望なカルボシランボラジン系ポリマーが容易に得られる。従って本発明の産業的意義は多大である。

【要約】

【課題】耐燃焼材料、耐熱性材料として有用なカルボシランボラジン系ポリマーおよびその効率的な製造方法を提供する。

【解決手段】（a）B、B'、B''-トリアルキニルボラジン類と（b）ビス（ヒドロシラン）類とを白金含有触媒の存在下に反応させ、カルボシランボラジン系ポリマーを製造する。B、B'、B''-トリアルキニルボラジン類とビス（ヒドロシラン）類とからカルボシランボラジン系ポリマーが一段の反応で得られる。